

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Art Unit	:	<b>Customer No.: 035811</b>
Examiner	:	
Serial No.	:	
Filed	:	
Inventors	:	Docket No.: 1402.03
	:	Confirmation No.:
	:	
Title	:	
	:	
	:	
	:	

Dated: November 14, 2003

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119**

**Mail Stop Patent Application**

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

We submit herewith the certified copies of Japanese Patent Application Nos. 2002-330409, filed November 14, 2002, 2003-19243, filed June 13, 2003, and 2003-169244, filed June 13, 2003, the priority of which is hereby claimed.

Respectfully submitted,



T. Daniel Christenbury

Reg. No. 31,750

Attorney for Applicants

TDC:lh

(215) 656-3381

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年11月14日  
Date of Application:

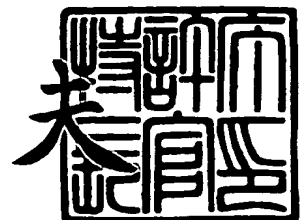
出願番号 特願2002-330409  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2002-330409]

出願人 東レ株式会社  
Applicant(s):

2003年10月31日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 45B02590-A

【提出日】 平成14年11月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 D03D 15/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛媛県伊予郡松前町大字筒井 1 5 1 5 番地 東レ株式会社  
社愛媛工場内

【氏名】 和田原 英輔

【発明者】

【住所又は居所】 愛媛県伊予郡松前町大字筒井 1 5 1 5 番地 東レ株式会社  
社愛媛工場内

【氏名】 本間 清

【発明者】

【住所又は居所】 愛媛県伊予郡松前町大字筒井 1 5 1 5 番地 東レ株式会社  
社愛媛工場内

【氏名】 西村 明

【発明者】

【住所又は居所】 愛媛県伊予郡松前町大字筒井 1 5 1 5 番地 東レ株式会社  
社愛媛工場内

【氏名】 堀部 郁夫

【特許出願人】

【識別番号】 000003159

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋室町 2 丁目 2 番 1 号

【氏名又は名称】 東レ株式会社

【代表者】 榊原 定征

【電話番号】 077-533-8194

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 005186

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 一方向性強化繊維布帛

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

強化繊維糸条を一方向に並行するように引き揃えてなる強化繊維糸条群と、強化繊維糸条と交差する方向に延在する、繊度が強化繊維糸条のその 1 % 以下である補助繊維糸条からなる緯方向補助繊維糸条群とを含み、かつ、少なくとも表面には、0. 5 ~ 2 0 重量 % の範囲内で樹脂材料が付着していることを特徴とする一方向性強化繊維布帛。

【請求項 2】

強化繊維糸条と並行する方向に延在する、繊度が強化繊維糸条のその 2 0 % 以下である補助繊維糸条からなる経方向補助繊維糸条群を有する、請求項 1 に記載の一方向性強化繊維布帛。

【請求項 3】

布帛の両側に緯方向補助繊維糸条群が配され、その緯方向補助繊維糸条群を構成する補助繊維糸条と経方向補助繊維糸条群を構成する補助繊維糸条とが織組織を構成しているノンクリンプ織物である、請求項 2 に記載の一方向性強化繊維布帛。

【請求項 4】

経方向補助繊維糸条群を構成する補助繊維糸条に集束処理が施されている、請求項 2 または 3 に記載の一方向性強化繊維布帛。

【請求項 5】

隣り合う強化繊維糸条間の隙間の平均値が 0. 1 ~ 1 mm の範囲内にある、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

【請求項 6】

強化繊維糸条群の目付が  $100 \sim 400 \text{ g/m}^2$  の範囲内にあり、かつ、緯方向補助繊維糸条群の目付が強化繊維糸条群のその 0. 7 % 以下である、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

【請求項 7】

強化繊維糸条群の目付が $100 \sim 400 \text{ g/m}^2$ の範囲内にあり、かつ、経方向補助繊維糸条群の目付が強化繊維糸条群のその25%以下である、請求項2～6のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

【請求項8】

樹脂材料が布帛の表面に点在しており、かつ、布帛の表面からみた樹脂材料の平均直径が $1 \text{ mm}$ 以下であり、かつ、布帛の表面からの樹脂材料の平均高さが $5 \sim 250 \mu\text{m}$ の範囲内にある、請求項1～7のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

【請求項9】

強化繊維糸条の体積含有率が53～65%の範囲内にある繊維強化樹脂複合材料を成形したとき、その複合材料の特性が次のa～cを満足する、請求項1～8のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

a. SACMA-SRM-2R-94に規定される方法による衝撃付与後の常温圧縮強度が $240 \text{ MPa}$ 以上である。

b. SACMA-SRM-3R-94に規定される方法による常温有孔圧縮強度が $275 \text{ MPa}$ 以上であり、かつ、湿熱処理後の高温有孔圧縮強度が $215 \text{ MPa}$ 以上である。

c. SACMA-SRM-1R-94に規定される方法による常温 $0^\circ$ 圧縮強度が $1,350 \text{ MPa}$ 以上であり、かつ、湿熱処理後の高温 $0^\circ$ 圧縮強度が $1,100 \text{ MPa}$ 以上である。

【請求項10】

強化繊維糸条が、引張弾性率が $210 \text{ GPa}$ 以上であり、かつ、破壊歪エネルギーが $40 \text{ MJ/m}^3$ 以上の炭素繊維糸条である、請求項1～9のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

【請求項11】

補助繊維糸条または樹脂材料の主成分が、ポリアミド、ポリフェニレンサルファイド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルスルホン、ポリケトン、ポリケトン、ポリエーテルエーテルケトン、フェノール、ポリスルホン、ポリフェニレンエーテル、ポリイミド、ポリアミドイミドおよびフェノキシから選ばれる少な

くとも 1 種である、請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

**【請求項 12】**

請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛を含み、かつ、樹脂をマトリックスとする複合材料。

**【請求項 13】**

航空機、自動車または船舶の構成部材として用いられる、請求項 12 に記載の複合材料。

**【発明の詳細な説明】**

**【0001】**

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、一方向性強化繊維布帛、それからなる複合材料に関する。

**【0002】**

本発明は、一方向性強化繊維布帛の積層において、優れた取扱性を有する一方向性強化繊維布帛に関する。この取扱性は、形態安定性および積層する際のタック性の内の少なくとも一つを意味する。

**【0003】**

また、本発明は、このような優れた取扱性を有する一方向性強化繊維布帛を用いた複合材料の成形において、優れたマトリックス樹脂の含浸性を有する一方向性強化繊維布帛に関する。

**【0004】**

更に、また、本発明は、このような優れたマトリックス樹脂の含浸性を有する一方向性強化繊維布帛から成形された力学特性に優れた複合材料に関する。この力学特性は、衝撃付与後圧縮強度、有孔圧縮強度、および、0° 圧縮強度の内の少なくとも一つを意味する。

**【0005】**

**【従来の技術】**

強化繊維にマトリックス樹脂を含浸させた複合材料は、優れた力学特性、軽量化等の要求特性を満たすことから主に航空、宇宙、スポーツ用途に用いられてきた。これらの代表的な製造方法として、オートクレーブ成形法が知られている。

かかる成形法では、一方向に配列した強化繊維束群にマトリックス樹脂を予め含浸させたプリプレグを、成形型に積層してオートクレーブにて加熱・加圧し、複合材料を成形する。ここで用いるプリプレグは、それを用いると極めて信頼性の高い複合材料が得られる利点があるが、製造に高いコストがかかる問題があった。

#### 【0006】

一方、複合材料の生産性に優れる成形法としては、例えばレジン・トランスファー・モールドイング成形法（RTM: Resin Transfer Molding）等の注入成形が挙げられる。かかるRTMは、マトリックス樹脂を予備含浸していない（ドライな）強化繊維束群で構成される布帛を、成形型に積層して、液状（低粘度）のマトリックス樹脂を注入することにより、後からマトリックス樹脂を含浸させて複合材料を成形する。

#### 【0007】

ところが注入成形は、複合材料の生産性には優れるものの、ドライな状態でも取り扱いが可能な布帛、例えば織物を用いる必要がある。通常の織物では、強化繊維を二方向に織組織するため、たて糸とよこ糸の交錯点で強化繊維に屈曲（クリンプ）が発生するが、このクリンプによる強化繊維の真直性低下、更には用いるたて糸やよこ糸とマトリックス樹脂との接着性により、プリプレグに比べ力学特性に劣るのが一般的であった。つまり、通常の織物では、例えば航空機の一次構造部材に要求されるレベルの非常に高い力学特性（特に圧縮強度）が達成できない問題があった。

#### 【0008】

上記問題に対し、織物のたて糸またはよこ糸の一方に炭素繊維束、もう一方に炭素繊維束の10%以下の断面積で、かつ柔軟な糸条を用いた織物をマトリックス樹脂により複数枚重ね合わせた樹脂補強材が提案されている（たとえば、特許文献1参照）。

#### 【0009】

##### 【特許文献1】

特開昭59-209847号公報



しかしながら、かかる提案による織物は、織物単独（１枚）では使用不可能な状態であり、取り扱い性の面から注入成形に適用できない問題があった。また、力学特性に大きな影響を及ぼすたて糸やよこ糸とマトリックス樹脂との接着性に関する記載も開示されていない。

#### 【0010】

かかる布帛の取り扱い性の問題に対し、織物上に樹脂材料を付与し、ドライな織物の取り扱い性の向上、注入成形に用いるプリフォーム形態安定化に関する技術が提案されている（たとえば、特許文献２参照）。

#### 【0011】

##### 【特許文献２】

米国特許第 5,071,711 号明細書

また、James C. Seferisらは、エポキシ樹脂とエラストマー粒子等とを配合した樹脂材料を織物上に塗布することにより、注入成形によって得られる複合材料の力学特性が向上することを報告している（たとえば、非特許文献１、非特許文献２参照）。

#### 【0012】

##### 【非特許文献１】

Journal of Advanced Materials, Volume 32, No.3, July 2000, P27-34

#### 【0013】

##### 【非特許文献２】

Composites part A, Volume 32, 2001, P721-729

しかしながら、以上の提案では、布帛の取り扱い性は向上するものの、力学特性は向上しない、または向上が不十分なものであった。つまり、布帛における強化繊維の真直性、更には用いる強化繊維に必要な特性が、高い力学特性を発現するために特に重要な要因であるにも関わらず、そのことに関する記載は上記提案では全く開示されていない。

#### 【0014】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、かかる従来技術の問題点の解決を目的とするものであり、具体的に

は、マトリックス樹脂の含浸性が良好で、力学特性（特に、衝撃付与後の圧縮強度、有孔圧縮強度または $0^\circ$  圧縮強度等）に優れる複合材料を生産性良く得られるだけでなく、取扱性（特に、形態安定性、積層する際のタック性等）に優れた一方向性強化繊維布帛、それからなる複合材料を提供せんとするものである。

### 【0015】

#### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するための本発明は、以下のとおりの構成を有するものである。すなわち、

1. 強化繊維糸条を一方向に並行するように引き揃えてなる強化繊維糸条群と、強化繊維糸条と交差する方向に延在する、織度が強化繊維糸条のそのの1%以下である補助繊維糸条からなる緯方向補助繊維糸条群とを含み、かつ、少なくとも表面には、0.5～20重量%の範囲内で樹脂材料が付着していることを特徴とする一方向性強化繊維布帛。
2. 強化繊維糸条と並行する方向に延在する、織度が強化繊維糸条のそのの20%以下である補助繊維糸条からなる経方向補助繊維糸条群を有する、上記1に記載の一方向性強化繊維布帛。
3. 布帛の両側に緯方向補助繊維糸条群が配され、その緯方向補助繊維糸条群を構成する補助繊維糸条と経方向補助繊維糸条群を構成する補助繊維糸条とが織組織を構成しているノンクリンプ織物である、上記2に記載の一方向性強化繊維布帛。
4. 経方向補助繊維糸条群を構成する補助繊維糸条に集束処理が施されている、上記2または3に記載の一方向性強化繊維布帛。
5. 隣り合う強化繊維糸条間の隙間の平均値が0.1～1mmの範囲内にある、上記1～4のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。
6. 強化繊維糸条群の目付が $100 \sim 400 \text{ g/m}^2$ の範囲内にあり、かつ、緯方向補助繊維糸条群の目付が強化繊維糸条群のそのの0.7%以下である、上記1～5のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。
7. 強化繊維糸条群の目付が $100 \sim 400 \text{ g/m}^2$ の範囲内にあり、かつ、経方向補助繊維糸条群の目付が強化繊維糸条群のそのの25%以下である、上記2

～ 6 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

8. 樹脂材料が布帛の表面に点在しており、かつ、布帛の表面からみた樹脂材料の平均直径が 1 mm 以下であり、かつ、布帛の表面からの樹脂材料の平均高さが 5 ～ 2 5 0  $\mu$  m の範囲内にある、上記 1 ～ 7 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

9. 強化繊維糸条の体積含有率が 5 3 ～ 6 5 % の範囲内にある繊維強化樹脂複合材料を成形したとき、その複合材料の特性が次の a ～ c を満足する、上記 1 ～ 8 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

【 0 0 1 6 】

a. S A C M A - S R M - 2 R - 9 4 に規定される方法による衝撃付与後の常温圧縮強度が 2 4 0 M P a 以上である。

【 0 0 1 7 】

b. S A C M A - S R M - 3 R - 9 4 に規定される方法による常温有孔圧縮強度が 2 7 5 M P a 以上であり、かつ、湿熱処理後の高温有孔圧縮強度が 2 1 5 M P a 以上である。

【 0 0 1 8 】

c. S A C M A - S R M - 1 R - 9 4 に規定される方法による常温 0 ° 圧縮強度が 1 , 3 5 0 M P a 以上であり、かつ、湿熱処理後の高温 0 ° 圧縮強度が 1 , 1 0 0 M P a 以上である。

1 0. 強化繊維糸条が、引張弾性率が 2 1 0 G P a 以上であり、かつ、破壊歪エネルギーが 4 0 M J / m<sup>3</sup> 以上の炭素繊維糸条である、上記 1 ～ 9 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

1 1. 補助繊維糸条または樹脂材料の主成分が、ポリアミド、ポリフェニレンサルファイド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルスルホン、ポリケトン、ポリケトン、ポリエーテルエーテルケトン、フェノール、ポリスルホン、ポリフェニレンエーテル、ポリイミド、ポリアミドイミドおよびフェノキシから選ばれる少なくとも 1 種である、上記 1 ～ 1 0 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛。

1 2. 上記 1 ～ 1 1 のいずれかに記載の一方向性強化繊維布帛を含み、かつ、樹

脂をマトリックスとする複合材料。

13. 航空機、自動車または船舶の構成部材として用いられる、上記12に記載の複合材料。

#### 【0019】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の一方向性強化繊維布帛は、少なくとも、連続した強化繊維糸条をお互いに並行に引き揃えて一方向に配列した強化繊維糸条群と、連続した補助繊維糸条を強化繊維糸条を横切って（強化繊維糸条と直交する方向に、または強化繊維糸条と斜めに交差する方向に）配置した補助繊維糸条群（緯方向補助繊維糸条群）と、樹脂材料とにより構成される一方向性強化繊維布帛であって、補助繊維糸条の織度（ $T_a$ ）が強化繊維糸条の織度（ $T_c$ ）の1%以下であり、樹脂材料が一方向性強化繊維布帛の少なくとも表面に、0.5～20重量%の範囲で接着している。

#### 【0020】

本発明の一方向性強化繊維布帛は、少なくとも、かかる強化繊維糸条群と、補助繊維糸条群と、樹脂材料とが一方向性強化繊維布帛を形成し、補助繊維糸条および／または樹脂材料にて、強化繊維糸条を支持することを最低限の目的とする。すなわち、一方向性強化繊維布帛として、取扱が可能である。

#### 【0021】

強化繊維糸条は、お互いに並行に引き揃えられ、一方向に配列している。また、補助繊維は、連続した補助繊維糸条を強化繊維糸条を横切って、すなわち、強化繊維糸条と直交するか、斜めに交差する方向に配置している。一方向性強化繊維布帛が優れた形態安定性を有するためには、連続した補助繊維糸条が強化繊維糸条を横切って、強化繊維糸条が配列している方向以外の方向を支持する必要がある。

#### 【0022】

一方向性強化繊維布帛の組織形態は、本発明の課題を解決できるものなら任意の組織形態をとることができる。例えば、補助繊維糸条がお互いに並行に引き揃えられ、一方向に配列している織組織または不織組織であってもよいし、補助繊維

維糸条がたて編（例えば、1／1トリコット編組織等）またはよこ編で配置している編組織であってもよいし、それらを組み合わせでもよい。それらの中でも一方向性織物であるのが好ましい。かかる一方向性織物であると、一方向性強化繊維布帛の製造の容易さ、形態安定性が最大限に発現されるだけでなく、マトリックス樹脂の含浸性、強化繊維糸条の真直性にも優れる。

#### 【0023】

以下において、本発明が、図面の参照のもとに、より具体的に説明される。

#### 【0024】

図1は、本発明の一方向性強化繊維布帛の一態様の平面模式図である。図1において、一方向性強化繊維布帛11は、布帛15と、布帛15に接着した樹脂材料14とから構成されている。布帛15は、強化繊維糸条12と補助繊維糸条13とから構成され、強化繊維糸条12と補助繊維糸条13とは不織組織にて布帛15を形成している。この布帛15は、強化繊維糸条12が主体をなしていることから、一方向性不織布帛の一種である。樹脂材料14は、布帛15の表面に点状に散在して接着し、補助繊維糸条13を布帛15に固定している。また、図示していないが、布帛15の裏面にも樹脂材料が点状に散在して接着し、同様に補助繊維糸条を布帛に固定している。

#### 【0025】

図2は、本発明の一方向性強化繊維布帛の別の態様の縦断面模式図である。図2において、一方向性強化繊維布帛21は、布帛25と、布帛25の表面に接着した樹脂材料24とから構成されている。布帛25は、強化繊維糸条22、26であるたて糸と、補助繊維糸条23、27であるよこ糸とから構成される。図示していないが、強化繊維糸条22と補助繊維糸条23とが、互いに交錯して平織組織にて布帛25を形成している。かかる布帛25は、強化繊維糸条22が主体をなしていることから、一方向性織物の一種である。樹脂材料24は、布帛25の上面に接着し、補助繊維糸条23を上面にて布帛25に固定している。

#### 【0026】

図3は、本発明の一方向性強化繊維布帛に用いられる布帛の一態様の斜視図である。図3において、布帛31である一方向性織物は、互いに並行に引き揃えら

れ、一方向に配列された強化繊維糸条 32 をたて糸とし、それと直角に横切った補助繊維糸条 33 をよこ糸として、互いに交錯して平織組織にて布帛 31 を形成したものである。なお、図 3 の織組織は平織であるが、朱子織、綾織等の任意の織組織を適用することができる。

#### 【0027】

本発明では、補助繊維糸条の織度 ( $T_{a1}$ ) は、強化繊維糸条の織度 ( $T_c$ ) の 1% 以下である。すなわち、 $(T_{a1} \times 100) / T_c \leq 1$  である。より好ましくは 0.5% 以下、更に好ましくは 0.2% 以下である。かかる比率の下限は特になく、小さければ小さいほどよいが、布帛の形態安定性、製造安定性の面から、0.01% 以上であるのが一般的である。

#### 【0028】

かかる補助繊維糸条は、強化繊維糸条を横切って配置されているため、両者が交差または交錯する箇所が必ず形成される。 $T_{a1}$  が  $T_c$  の 1% を超えると、かかる箇所において、補助繊維糸条が強化繊維糸条を布帛の厚み方向に屈曲（クリンプ）させ、強化繊維糸条の真直性を阻害してしまう。かかるクリンプの形成により、力学特性に優れる複合材料を得ることができない。かかるクリンプは、複合材料の強化繊維体積率が高い（軽量化効果に優れる）ほど顕著に発現し、力学特性を低下させる。すなわち、優れた軽量化効果および極めて高い力学特性が要求される航空機の一次構造部材等に適用できる様な複合材料が得られない。 $T_{a1}$  が本発明の範囲であると、強化繊維糸条のクリンプは僅かながら形成されるものの、強化繊維糸条の真直性には殆ど影響を及ぼすには至らない。そのため、力学特性の低下は実質的に無視できるレベルとなり、高い強化繊維体積率でありながら、極めて高い力学特性を発現する複合材料を得ることができるのである。

#### 【0029】

補助繊維糸条の織度は、単独では適した指標になり難いが、強化繊維糸条を 800～1700 tex の範囲の炭素繊維糸条と想定すると、上記のクリンプの影響低減の観点から、補助繊維の織度 ( $T_{a1}$ ) は、8 tex 以下であるのが好ましい。より好ましくは 5 tex 以下、更に好ましくは 2 tex 以下である。

#### 【0030】

クリンプ抑制の観点から、補助繊維糸条は、マルチフィラメントであることが好ましい。好ましくは5フィラメントを超えるものである。マルチフィラメントであると、フィラメント単糸の繊維度（直径）を更に小さくすることが可能となり、一層クリンプを小さくして強化繊維糸条の真直性を高めることができる。また、補助繊維糸条の糸切れも少なくでき、取扱性、一方向性強化繊維布帛の製造安定性の面からも優れるため好ましい。なお、マルチフィラメントの場合、成形した複合材料が高い力学特性、強化繊維体積率を達成するために、実質的に無撚のものをを用いることが好ましい。

#### 【0031】

また、補助繊維糸条の断面形態は、できるだけ扁平状、またはテープ状になっているのが好ましい。具体的には、糸条幅（ $w$ ）と糸条厚（ $t$ ）との比率（ $w/t$ ）が2以上であるのが好ましい。より好ましくは4以上である。例えば、加撚、糸条によるカバーリング、複数糸条の合糸、または集束剤の付与等により断面形態が丸くなると、強化繊維糸条のクリンプを大きくしてしまう場合がある。なお、マルチフィラメントの場合、フィラメント単糸が厚み方向にそれぞれ重ならず、平行に並んでいる形態が好ましい。

#### 【0032】

すなわち、補助繊維糸条は、補助繊維糸条が太くなる（断面形態が厚くなる）様な処理または加工がなされていないのが好ましい。例えば、加撚、糸条によるカバーリング、複数糸条の合糸、または集束剤や接着剤などの付与等を行うと、太くなる場合がある。また、補助繊維糸条は、ウーリ加工、倦縮加工、交絡加工等の二次加工されたものであると、太くなる場合がある。好ましい補助繊維糸条の厚みは、 $100\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $50\mu\text{m}$ 以下、とりわけ $30\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。かかる厚みは、JIS-R-7602に沿った方向性強化繊維布帛の厚み測定において、補助繊維糸条がある箇所と、ない箇所との厚み測定の差によって算出されたものに相当する。

#### 【0033】

ここで、補助繊維糸条に接着処理されていないと、一方向性強化繊維布帛の形態安定性には極めて劣る場合があるが、本発明の場合、樹脂材料が接着している

ので、その場合にも形態安定機能を付与することができるのである。

#### 【0034】

本発明の一方向性強化繊維布帛は、樹脂材料が、一方向性強化繊維布帛の少なくとも表面に、0.5～20重量%の範囲で接着している。より好ましくは2～17重量%、更に好ましくは4～14重量%の範囲である。

#### 【0035】

樹脂材料が、上記範囲で接着していることにより、強化繊維糸条および補助繊維糸条の変形が抑制され、布帛の形態安定性がもたらされる。更に、一方向性強化繊維布帛を積層する際に、それら同士のタック性（接着性）がもたらされる。その結果、取扱性に優れた一方向性強化繊維布帛を得ることが可能となる。かかる布帛の優れた取扱性は、樹脂材料が0.5重量%未満では発現しない。

#### 【0036】

また、上記範囲の樹脂材料が、少なくとも表面に接着していると、一方向性強化繊維布帛を積層して得られる複合材料において、クラックストッパーの役目を果たす。特に、複合材料が衝撃を受けた時に、損傷抑制の役目を果たし、複合材料に優れた力学特性（特に衝撃付与後の圧縮強度）をもたらす（層間強化効果）。なお、表面以外に接着している場合も、複合材料中の残留応力の緩和の役目を果たし、力学特性向上に寄与する。

#### 【0037】

前記の高靱性化効果に加え、一方向性強化繊維布帛を積層した場合に、表面に接着している樹脂材料がスペーサーとなって、厚み方向に隣接する一方向性強化繊維布帛の層間にスペースが形成される。かかるスペースは、後述する注入成形により複合材料が成形される際、マトリックス樹脂の流路の役目を果たす（層間流路形成効果）。これにより、マトリックス樹脂の含浸が容易になるだけでなく、その含浸速度も速くなり、複合材料の優れた生産性をもたらす。

#### 【0038】

樹脂材料が20重量%を越えると、複合材料にした場合の強化繊維体積率が低くなり過ぎるだけでなく、力学特性にも劣る場合がある。また、加熱して一方向性強化繊維布帛同士を接着する場合、樹脂材料が変形することによりマトリック



ス樹脂の流路を潰し、かえって含浸を妨げる場合があるため好ましくない。

#### 【0039】

かかる樹脂材料は、一方向性強化繊維布帛の少なくとも表面に接着しているが、表面以外に一方向性強化繊維布帛の内部、すなわち、強化繊維糸条の中（強化繊維フィラメントの間）に接着していてもよい。しかしながら、上述の層間強化効果、層間流路形成効果は、樹脂材料が表面に接着していることにより、特に高い効果が発現されるため、樹脂材料は実質的に一方向性強化繊維布帛の表面にのみ存在しているのが好ましい。表面にのみ存在していると、樹脂材料の接着量を最小限に抑えることができ、複合材料にした場合の樹脂体積率を減らす、すなわち強化繊維体積率を一層高くすることができ、複合材料の軽量化効果を一層高く発現させることができる。

#### 【0040】

かかる樹脂材料は、布帛片面に接着していても、布帛両面に接着していてもよい。より低コストに一方向性強化繊維布帛を製造する場合は前者が好ましい。一方向性強化繊維布帛の表裏の使い分けをしたくない場合は後者が好ましく、目的によって使い分けることができる。

#### 【0041】

ここで、樹脂材料は、たとえば多孔性樹脂フィルムや、合成繊維の短繊維不織布もしくはカットファイバーや、合成樹脂の粉粒体のような形態をしていて、布帛の全面を覆ってはいない。中でも、積層された一方向性強化繊維布帛へのマトリックス樹脂の含浸（特に積層面の垂直方向の含浸）に優れる点、成形される複合材料の強化繊維体積率を高くできる点、成形される複合材料が湿熱処理を受けるとき、樹脂材料の水分の拡散を最小限に抑制できる点から、点状の形態であるのが好ましい。かかる不連続状とは、一方向性強化繊維布帛の表面を海とし、樹脂材料を島とすると、海に散在する多数の島群をなす形態を指す。ここで、島の最大幅は、布帛全幅よりも小さい。これらの島の一部は、その内方に湖を有する形態もあり得る。

#### 【0042】

かかる樹脂材料が、その点（島）の平均直径（楕円形の場合は平均短径）は、

小さいほど均一に布帛表面に分散させることが可能となるため、1 mm以下が好ましい。250  $\mu$ m以下がより好ましくは、50  $\mu$ m以下が更に好ましい。

#### 【0043】

一方向性強化繊維布帛を複数枚積層する場合、布帛表面に接着している樹脂材料の布帛面に垂直方向における凹凸が大き過ぎると、それに隣接する一方向性強化繊維布帛や強化繊維糸条が屈曲する可能性がある。この場合、成形された複合材料の力学特性（特に、有孔圧縮強度や0°圧縮強度等）を損なう。かかる観点から、布帛表面における樹脂材料の平均厚みは、5～250  $\mu$ mの範囲であることが好ましい。より好ましくは、10～100  $\mu$ m、更に好ましくは、15～60  $\mu$ mの範囲である。

#### 【0044】

本発明の一方向性強化繊維布帛は、更に、第2の（経方向の）補助繊維糸条が、強化繊維糸条を横切らずに配置されて、好ましくは強化繊維糸条と並行する方向に配置されて第2の補助繊維糸条群（経方向補助繊維糸条群）を構成しているのが好ましい。かかる第2の補助繊維糸条の織度（ $T_{a2}$ ）は、強化繊維糸条の織度（ $T_c$ ）の20%以下であるのが好ましい。すなわち、 $(T_{a2} \times 100) / T_c \leq 20$ である。より好ましくは10%以下、更に好ましくは4%以下である。かかる比率の下限は特にないが、布帛の形態安定性、製造安定性の面から、0.1%以上であるのが一般的である。

#### 【0045】

第2の補助繊維糸条は、強化繊維糸条と並行していてそれを横切らないため、強化繊維糸条と交差または交錯する箇所が形成されない。すなわち、第2の補助繊維糸条が強化繊維糸条をクリンプさせることはない。この意味から、 $T_{a2}$ は $T_{a1}$ よりも高い比率の織度であっても問題ない。かかる $T_{a2}$ が $T_c$ の20%を超えると、成形される複合材料の重量が大きくなり、複合材料の本質的な目的である軽量化効果を損なうため、好ましくない。

#### 【0046】

しかし、第2の補助繊維糸条は、成形される複合材料の力学特性に全く影響を及ぼさない訳ではない。複合材料の引張特性においては、強度に関しては強化繊

維が負担するため、第2の補助繊維には高い強度は求められない。一方、破断伸度に関しては、強化繊維よりも小さい場合、複合材料が引っ張られる過程で、先に第2の補助繊維が破断してしまい、複合材料中に微小なクラックを発生させてしまう場合がある。すなわち、第2の補助繊維糸条は、強化繊維糸条よりも高い破断伸度を有するものであることが好ましい。

#### 【0047】

かかる第2の補助繊維糸条を用いる1つ目の意味は、隣り合う強化繊維糸条の間隔を確保する、あるいは広げることにより、複合材料を成形する時にマトリックス樹脂の含浸を促進する、すなわちマトリックス樹脂の流路を層内に形成する点にある（層内流路形成効果）。これは、強化繊維糸条を横切らずに配置し、補助繊維糸条よりも太繊維の第2の補助繊維糸条を用いることにより、十分な効果を発現し得るものである。一方、強化繊維糸条を横切って配置している補助繊維糸条は、強化繊維糸条のクリンプ抑制のために、太繊維のものが適用できないため、かかる効果は小さい。

#### 【0048】

かかる観点から、一方向性強化繊維布帛の全巾において、隣り合う強化繊維糸条の平均間隔（隙間）が0.1～1mmの範囲であるのが好ましい。より好ましくは0.2～0.8mm、更に好ましくは0.3～0.5mmの範囲である。かかる範囲であると、上記の層内流路形成効果が十分に発現する。それ以下では、十分に発現しない場合がある。逆に広すぎると、複合材料に成形した際、大きな樹脂リッチ部分を形成することになり、強化繊維体積率の低下、力学特性（特に疲労強度）の低下、サーマルクラックの発生等につながる場合がある。なお、強化繊維糸条の間隔の測定においては、強化繊維糸条の間に第2の補助繊維糸条が存在しても、その第2の補助繊維糸条は無視されて測定される。

#### 【0049】

マトリックス樹脂の流路の効率的な形成のためには、第2の補助繊維糸条が広がり過ぎてかかる流路を潰さないのが好ましい。かかる観点から、第2の補助繊維糸条は、集束処理がなされているのが好ましい。かかる集束処理としては、例えば、第2の補助繊維糸条の加撚、糸条によるカバーリング、複数糸条の合糸、

または集束剤の付与等が挙げられる。中でも糸条によるカバーリング、または集束剤の付与による集束処理が、安価な処理費用で大きな効果を発現できるため好ましい。カバーリングに用いる糸条としては、例えば、補助繊維糸条等を用いることができる。また、集束剤の付与方法としては、例えば、熱硬化性樹脂や熱可塑性樹脂等をエマルジョンやディスパーションにして付与したり、ホットメルト法にて直接付与したりし、任意の方法を用いることができる。

#### 【0050】

また、マトリックス樹脂の流路の効率的な形成のために、第2の補助繊維糸条は、これらの繊維素材をウーリ加工、倦縮加工、交絡加工等の二次加工されたものでもよい。かかる加工により、糸条を高くでき、積極的にマトリックス樹脂の流路とすることができる。

#### 【0051】

第2の補助繊維糸条を用いる2つ目の意味は、布帛凹凸を平滑化する点にある。一方向性強化繊維布帛には、強化繊維糸条と、その隙間により凸凹が形成される。隣り合う強化繊維糸条の間に第2の補助繊維糸条が存在すると、強化繊維糸条の隙間に厚みを持たせてやることにより、かかる凹凸を平滑化する。更に、第2の補助繊維糸条を用いることにより、強化繊維糸条の断面を楕円状から矩形状にすることができ、一層平滑化することができる（平滑化効果）。かかる効果により、一方向性強化繊維布帛を積層して複合材料を得た場合、積層した層のうねりを抑制することができ、より高い力学特性を発現し得るのである。

#### 【0052】

第2の補助繊維糸条を用いる3つ目の意味は、強化繊維糸条の真直性を更に高める点にある。隣り合う強化繊維糸条の間に第2の補助繊維糸条が存在すると、第2の補助繊維糸条が、その方向のガイドの如き役割を果たす（ガイド効果）。強化繊維糸条は、補助繊維糸条が交差または交錯する箇所で特に真直性が乱れ易いが、かかる箇所においてもその真直性を維持することができる。かかる効果による極めて高い真直性により、例えば航空機の一次構造部材に要求されるレベルの力学特性に極めて優れる複合材料を得ることができるのである。

#### 【0053】

かかる第2の補助繊維糸条を用いる一方向性強化繊維布帛の組織形態としては、上述の組織形態以外に、例えば、第2の補助繊維糸条がお互いに並行に引き揃えられ、強化繊維糸条と同じ方向に配列している織組織または不織組織であってもよいし、第2の補助繊維糸条がたて編組織（例えば、鎖編、鎖編と1/1トリコット編を組み合わせた袋網編組織等の複合編組織等）で配置している編物であってもよいし、それらの組み合わせ（例えば、並行に引き揃えた強化繊維糸条と補助繊維糸条との不織組織を、第2の補助繊維糸条のたて編にて編組織化する等）でもよい。それらの中でも一方向性織物（一方向性ノンクリンプ織物）であるのが好ましい。かかる一方向性ノンクリンプ織物は、強化繊維糸条を、お互いに並行に且つシート状に一方向に引き揃えた強化繊維糸条群のシート面の両側に、強化繊維糸条群と交差する補助糸条群が位置し、それら補助糸条群と、強化繊維糸条と並行する第2の補助糸条群とが織組織をなして糸条群を一体に保持したものである。かかる一方向性ノンクリンプ織物であると、上述の一方向性織物よりも、一方向性強化繊維布帛の取扱性だけでなく、強化繊維糸条の真直性、マトリックス樹脂の含浸性が、一層高く発現するため、本発明の布帛として最も好ましい形態といえる。

#### 【0054】

図4は、本発明の一方向性強化繊維布帛に用いられる布帛の別の態様の斜視図である。図4において、布帛41である一方向性織物は、互いに並行に引き揃えられ、一方向に配列された第2の補助繊維糸条44のたて糸と、それと直交する補助繊維糸条43であるよこ糸とが、互いに交錯して平織組織を形成し、互いに並行に引き揃えられ、一方向に配列された強化繊維糸条42を支持して布帛41を形成したものである。なお、図4の第2の補助繊維糸条42と補助繊維糸条43との織組織は平織であるが、それに限定されず、朱子織、綾織等の織組織を適用することができる。

#### 【0055】

本発明の一方向性強化繊維布帛は、強化繊維の目付（ $W_c$ ）が、 $100 \sim 400 \text{ g/m}^2$ （より好ましくは $130 \sim 290 \text{ g/m}^2$ 、更に好ましくは $140 \sim 220 \text{ g/m}^2$ ）の範囲であり、かつ補助繊維の目付（ $W_{a1}$ ）が、強化繊維の目

付 (Wc) の 0.7% 以下 (より好ましくは 0.6% 以下、更に好ましくは 0.5% 以下) であるのが好ましい。

#### 【0056】

Wa1 が Wc の 0.7% を超えると、強化繊維糸条と補助繊維糸条との交差または交錯する箇所が増えることを意味し、僅かなクリンプとはいえ、力学特性の面から不利である。また、補助繊維糸条の配合量が相対的に増えることにより、湿熱処理後の圧縮強度や高温雰囲気下の圧縮強度の低下が起こる場合がある。かかる比率の下限は特になく、小さければ小さいほどよいが、布帛の形態安定性、製造安定性の面から、0.05% 以上であるのが一般的である。

#### 【0057】

第2の補助繊維糸条に関しては、第2の補助繊維の目付 (Wa2) が、強化繊維の目付 (Wc) の 25% 以下であるのが好ましい。より好ましくは 12% 以下、更に好ましくは 5% 以下である。かかる比率の下限は特にないが、布帛の形態安定性、製造安定性の面から、0.1% 以上であるのが一般的である。

#### 【0058】

第2の補助繊維糸条は、強化繊維糸条を横切らないため、強化繊維糸条と交差または交錯する箇所が形成されない。また、高い目付にすることにより、第2の補助繊維糸条の選択の幅が広がり、耐熱性、耐吸水性等に優れるものを適用し易い。その為、Wa2 は Wa1 より増えても、力学特性への影響は最小限にできる。これらの意味から、Wa2 は Wa1 よりも高い比率の目付であっても問題ない。但し、Wa2 が Wc の 25% を超えると、成形される複合材料の重量が大きくなり、本質的な目的である軽量化効果を損なうため、好ましくない。

#### 【0059】

別の視点からは、補助繊維糸条の密度は、一方向性強化繊維布帛の形態安定、強化繊維糸条 32、42 の交差または交錯する箇所の影響の最小限化のため、0.3～6 エンドまたはウェール/cm の範囲であるのが好ましい。より好ましくは 1～4 エンドまたはウェール/cm の範囲である。

#### 【0060】

同様に、第2の補助繊維糸条 44 (図4) の密度は、布帛 41 の形態安定性、

層内流路形成効果の含浸性のため、0.1～6 エンドまたはウェール/cm の範囲であるのが好ましい。より好ましくは1～3 エンドまたはウェール/cm の範囲である。

#### 【0061】

特に、強化繊維の目付 (Wc) が  $220 \text{ g/m}^2$  以下と小さい場合は、強化繊維糸条の凹凸が顕在化し易い。かかる一方向性強化繊維布帛を複合材料に成形すると、積層した層がうねる場合がある。そのため、布帛形成の前または／および布帛形成後に、強化繊維糸条は開繊処理されるのが好ましい。かかる開繊処理とは、例えば、ローラや圧子の揺動 (布帛の長手方向および／または幅方向)、エアージェット噴射等が挙げられ、任意の方法をとることができる。

#### 【0062】

以下、緯方向補助繊維糸条群を形成する補助繊維糸条、第2の補助繊維糸条群 (経方向補助繊維糸条群) を構成する補助繊維糸条、強化繊維糸条および樹脂材料について、より詳細に説明する。

#### 【0063】

力学特性の中で、湿熱処理後の特性や、高温特性を高く発現するためには、補助繊維糸条および第2の補助繊維糸条は、耐熱性に優れている必要がある。一方、耐熱性に優れ過ぎると糸条の製造コストが高くなる。かかる観点から、補助繊維糸条は、融点が  $210 \sim 350^\circ\text{C}$  の範囲であるのが好ましい。より、好ましくは  $240 \sim 300^\circ\text{C}$  の範囲である。融点を示さないものについては、ガラス転移点が  $160 \sim 300^\circ\text{C}$  の範囲であるのが好ましい。かかる融点およびガラス転移点は、それぞれ示差走査熱量計 (DSC) から計測される結晶の溶解温度およびガラス状態への転移温度を指す。

#### 【0064】

得られる複合材料の力学特性を高いものにするためには、補助繊維糸条とマトリックス樹脂との接着性は極めて重要であり、接着力が高ければ高い方が、優れた力学特性を発現するのに想像以上に寄与する。

#### 【0065】

かかる接着性に関する直接的な指標としては、本発明の実施例に記載の成形方

法により得られる複合材料において、強化繊維体積率が53～65%の範囲であり、かつ次の要件が挙げられる。本発明の一方向性強化繊維布帛は、次のa、bおよび/またはcを満たすのが好ましい。かかる場合、マトリックス樹脂との接着性に優れるといえる。より好ましくはa～cのいずれも満たすことである。なお、SACMAとは、Suppliers of Advanced Composite Materials Associationの略であり、たとえばSACMA-SRM-2R-94とは、ここが定める試験法の規格である。

a: 衝撃付与後の常温圧縮強度(CAI)が240MPa以上である。かかるCAIは、SACMA-SRM-2R-94に従ってDry条件にて測定されたものである。

b: 常温有孔圧縮強度(OHC/RT)が275MPa以上であり、かつ湿熱処理後の高温有孔圧縮強度(OHC/HW)が215MPa以上である。かかるOHC/RTは、SACMA-SRM-3R-94に従ってDry条件にて測定したものである。OHC/HWは、同じ試験片を72℃温水中に14日間浸漬した後、直ちに82℃雰囲気下にて測定したものである。

c: 常温0°圧縮強度(CS/RT)が1350MPa以上、かつ湿熱処理後の高温0°圧縮強度(CS/HW)が1100MPa以上である。CS/RTは、SACMA-SRM-1R-94に従ってDry条件にて測定したものである。CS/HWは、同じ試験片を72℃温水中に14日間浸漬した後、直ちに82℃雰囲気下にて測定したものである。

#### 【0066】

上述のCAI、OHCまたはCS等に優れる複合材料を得る場合、一般的にはマトリックス樹脂としてエポキシを用いる場合が多い。例えば、エポキシがマトリックス樹脂の場合、補助繊維糸条には、補助繊維の耐熱性、耐吸水性の他に、エポキシとの接着性に優れるものを用いるのが好ましい。具体的には、ポリアミド、ポリフェニレンサルファイド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルスルホン、ポリケトン、ポリエーテルケトン、ポリエーテルエーテルケトン、フェノールから選ばれる少なくとも1種を主成分とするのが好ましい。

#### 【0067】



それらの中でもポリアミドが主成分として好ましい。く、例えば、ポリアミド 6、ポリアミド 6 6、ポリアミド 9、ポリアミド 1 1、ポリアミド 1 2、ポリアミド 6 1 0、ポリアミド 6 1 2 等から選ばれる少なくとも 1 種の成分からなるホモポリアミドまたは共重合ポリアミドを用いることができる。上記成分以外にも、イソフタル酸やテレフタル酸やパラキシレンジアミンやメタキシレンジアミン等の芳香族のジカルボン酸またはジアミン、ジメチルビス（p-アミノシクロヘキシル）メタン等の脂環式のジカルボン酸またはジアミンから選ばれる少なくとも 1 種の成分を共重合したポリアミドも用いることができる。中でも、接着性、耐熱性、耐吸水性、コストのバランスから、ポリアミド 6 6 が最も好ましい。

#### 【0068】

ここで、マトリックス樹脂としてエポキシを想定した場合、一般的にはポリオレフィン、ポリエステル等の低極性のものは接着性に劣るため、単純にそれらを成分とする補助繊維糸条では、極めて高い力学特性を発現する複合材料を得ることができない。しかしながら、かかる低極性の補助繊維糸条を、例えば繊維表面に官能基を付与し、繊維表面を高極性化する様な、プラズマ処理、表面処理剤の付与等の処理を行うと、接着性を改善することが可能となり、本発明の課題を解決できる場合がある。

#### 【0069】

かかるマトリックス樹脂との接着性の観点から、補助繊維糸条の製造時に用いられる油分（工程油剤、仕上油剤等）は悪影響を及ぼす場合がある。そのため、製造時の油分付与量を少なくする、または加熱による熱分解や、洗浄液による精練等により製造後に除去する等により、付着している油分を極力少なくするのが好ましい。具体的には、補助繊維糸条に対して油分が 1 % 以下であるのが好ましく、より好ましくは 0.6 % 以下、更に好ましくは 0.2 % 以下である。かかる油分が 1 % を超えて存在すると、特に湿熱処理後の力学特性（特に OHC/HW、CS/HW 等）に劣る場合がある。

#### 【0070】

なお、第 2 の補助繊維糸条は、強化繊維糸条を横切らずに配置されるため、収縮に留意する必要がある。例えば、第 2 の補助繊維糸条の乾熱収縮率が大き過ぎ

ると、一方向性強化繊維布帛を加熱した時に、強化繊維糸条がアーチ状に撓み、その真直性が損なわれる場合がある。かかる観点から、第2の補助繊維糸条は、180℃での乾熱収縮率が1%以下であるのが好ましい。より好ましくは0.2%以下、更に好ましくは実質的に熱収縮しないものがよい。

#### 【0071】

かかる要件を満たす糸条としては、例えば、炭素繊維、ガラス繊維、金属繊維、セラミック繊維、有機繊維（例えば、アラミド繊維、ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール（PBO）繊維、フェノール繊維、ポリエチレン（PE）繊維、ポリビニルアルコール（PVA）繊維等）から選ばれる少なくとも1種であるのが好ましい。中でも実質的に熱収縮がなく、糸条繊維度のラインナップ、耐吸水性、コストのバランスに優れるガラス繊維が好ましい。上述の通り、マトリックス樹脂との接着性を向上させるために、カップリング処理されたガラス繊維であるのが一層好ましい。

#### 【0072】

本発明で用いる強化繊維糸条は、特にその種類に制限はないが、例えば、ガラス繊維、有機（アラミド、PBO、PVA、PE等）繊維または炭素繊維等が挙げられる。炭素繊維は、比強度および比弾性率に優れ、耐吸水性に優れるので、航空機構造材や自動車の強化繊維糸条として好ましく用いられる。

#### 【0073】

中でも、次の高靱性炭素繊維であると、成形される複合材料の衝撃吸収エネルギーが大きくなるので、航空機の1次構造材として適用が可能となる。すなわち、JIS-R-7601に準拠して測定される引張弾性率（E）が210GPa以上、破壊歪エネルギー（W）が40MJ/m<sup>3</sup>（=10<sup>6</sup>×J/m<sup>3</sup>）以上である炭素繊維であると好ましい。より好ましくは、引張弾性率280GPa以上、かつ破壊歪エネルギーが53MJ/m<sup>3</sup>以上である。破壊歪エネルギー（W）は、高ければ高いほど良いが、通常に入手可能な炭素繊維に基づくと、80MJ/m<sup>3</sup>以下であるのが一般的である。なお、引張弾性率280GPa以上、かつ破壊歪エネルギーが53MJ/m<sup>3</sup>以上である炭素繊維は、そのフィラメント単糸の平均直径が7μm未満であるのが好ましい。7μm未満の炭素繊維であると、

上記特性の炭素繊維を得やすい利点がある。引張弾性率 (E) が  $210\text{ GPa}$  未満の炭素繊維を用いると、構造材としての複合材料の撓み量が許容される様にするために、複合材料を構造部材として用いる場合に板厚を厚くせねばならず、結果的に重くなってしまう。また、破壊歪エネルギー (W) が  $40\text{ MJ/m}^3$  未満であると、複合材料に衝撃が付与される際、炭素繊維の破壊によって吸収される衝撃エネルギーが小さいので、余剰のエネルギーは層間のマトリックス樹脂層の破壊に費やされ、層間のクラックも大きくなるので好ましくない。また、信頼性にも劣った複合材料となる。破壊歪エネルギー (W) は、JIS-R-7601 に規定される測定法に従って測定された引張強度 ( $\sigma$ ) と引張弾性率 (E) とに基づき、式  $W = \sigma^2 / 2 \times E$  により算出される。単位は、 $\text{MJ/m}^3$  である。

#### 【0074】

強化繊維糸条として炭素繊維を用いる場合、6,000～70,000フィラメント、その織度 (Tc) は  $400 \sim 5000\text{ tex}$  の範囲であるのが好ましい。より好ましくは、12,000～25,000フィラメント、その織度は  $800 \sim 1800\text{ tex}$  の範囲である。かかる範囲であると、比較的安価に高性能の炭素繊維を入手できる利点がある。また、本発明の強化繊維糸条は、成形した複合材料の高い強化繊維体積率や力学特性の発現率の面から、実質的に無撓のものであることが好ましい。

#### 【0075】

本発明で用いる樹脂材料は、一方向性強化繊維布帛を積層する際のタック性発現のため、加熱処理するが、その作業性の面から、 $50 \sim 150^\circ\text{C}$  の範囲の融点またはガラス転移温度を有しているものが好ましい。より好ましくは  $70 \sim 140^\circ\text{C}$ 、更に好ましくは  $90 \sim 120^\circ\text{C}$  の範囲である。

#### 【0076】

樹脂材料の成分は、一方向性強化繊維布帛の取扱性を向上させ、それを用いて得られる複合材料の力学特性を向上させるものであれば、特に限定されない。樹脂材料として、各種の熱硬化性樹脂および／または熱可塑性樹脂を使用できる。

#### 【0077】

熱可塑性樹脂を主成分として用いる場合には、例えば、ポリアミド、ポリスル

フォン、ポリエーテルスルフォン、ポリエーテルイミド、ポリフェニレンエーテル、ポリイミド、ポリアミドイミド、フェノキシ、フェノールから選ばれる少なくとも1種であるのが好ましい。中でもポリアミド、ポリエーテルイミド、ポリフェニレンエーテル、ポリエーテルスルフォンがとりわけ好ましい。

#### 【0078】

熱可塑性樹脂は、樹脂材料の主成分となり、その配合量が、70～100重量%であることが好ましい。より好ましくは75～97重量%であ、更に好ましくは80～95重量%である。配合量が70重量%未満であると、力学特性（特にCAI）に優れた複合材料を得難い場合がある。また、熱可塑性樹脂を主成分とした場合、樹脂材料の布帛への接着性や接着加工性が劣る場合がある。この場合には、樹脂材料に少量の粘着付与剤、可塑剤等を副成分として配合するとよい。かかる副成分としては、後述のマトリックス樹脂として用いるものを適用するのが好ましい。かかる副成分がマトリックス樹脂と同様または類似のものであると、マトリックス樹脂との接着性、相溶性に優れる利点がある。

#### 【0079】

本発明の複合材料は、少なくとも、上述の一方向性強化繊維布帛に、マトリックス樹脂が含浸しているものである。一方向性強化繊維布帛に含浸されたマトリックス樹脂は、含浸後に、固化（硬化または重合）し、複合材料を形成する。

#### 【0080】

かかるマトリックス樹脂は、本発明の課題を解決するものであれば特に限定されないが、その成形性、力学特性の面から熱硬化性樹脂であるのが好ましい。熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ、フェノール、ビニルエステル、不飽和ポリエステル、シアネートエステル、ビスマレイミドベンゾオキサジン、アクリルから選ばれる少なくとも1種であると本発明の課題を解決し易いため好ましい。更にエラストマーやゴム、硬化剤、硬化促進剤、触媒等を添加したものも使用することができる。中でも、例えば航空機の一次構造部材で要求される非常に高い力学特性（特に、CAI、OHC、CS等）を達成するためには、エポキシまたはビスマレイミドであるのが好ましく、とりわけエポキシが好ましい。

#### 【0081】

マトリックス樹脂を、後述の注入成形にて一方向性強化繊維布帛に含浸させる場合、マトリックス樹脂の粘度が低いと含浸時間が短くでき、かつ非常に厚く積層した一方向性強化繊維布帛をも含浸可能となる。かかる粘度は、注入温度において、 $400\text{ mPa}\cdot\text{s}$  以下が好ましく、 $200\text{ mPa}\cdot\text{s}$  以下がより好ましい。更には、含浸時間を極力長くとするために、注入温度における1時間後の粘度は、 $600\text{ mPa}\cdot\text{s}$  以下が好ましく、 $400\text{ mPa}\cdot\text{s}$  以下がより好ましい。注入温度は、 $100^{\circ}\text{C}$  以下であると設備が簡易なものにできるため好ましい。

#### 【0082】

本発明の複合材料は、例えば、注入成形 (RTM (Resin Transfer Molding)、RFI (Resin Film Infusion)、RIM (Resin Injection Molding)、真空アシストRTM等)、プレス成形等の各種成形方法およびそれらを組み合わせた成形方法にて成形することができる。

#### 【0083】

より好ましい複合材料の成形方法としては、生産性の高い注入成形方法が挙げられる。かかる注入成形方法として、好ましくはRTMが挙げられる。RTMは、例えば、雄型および雌型により形成したキャビティ中にマトリックス樹脂を加圧して注入する成形方法がある。より好ましい成形方法として、真空アシストRTMが挙げられる。真空アシストRTMは、上述の通りであるが、例えば、雄型または雌型のいずれか一方（例えば、金属、FRP等で、変形しにくい高剛性材料が好ましい）とフィルム等のバッグ材（例えば、ナイロンフィルム、シリコンラバー等で、再使用できるものが好ましい）により形成したキャビティを減圧し、大気圧との差圧にてマトリックス樹脂を注入する。この場合、キャビティ内の一方向性強化繊維布帛に樹脂拡散媒体（メディア）を配置し、かかるメディアによりマトリックス樹脂の拡散・含浸を促進する。成形後には、複合材料からメディアを分離することが好ましい。これらの注入成形方法は、成形コストの面から好ましく適用される。

#### 【0084】

本発明の複合材料の用途は、特に限定されないが、極めて高いCAI、OHC、CS等の優れた力学特性を有しているため、特に航空機、自動車、または、船

舶等の輸送機器における一次構造部材、二次構造部材、外装部材、内装部材もしくはそれらの部品のいずれかに用いられると、その効果を最大限に発現する。

#### 【0085】

図5は、航空機の一次構造部材を示す概略斜視図である。図5において、航空機51は、主翼52、床支持桁53、胴体54、垂直尾翼55、水平尾翼56等の各構造部材からなる。これらの構造部材に、本発明の一方向性強化繊維布帛に、マトリックス樹脂が含浸されて成形された複合材料を使用すると、優れた力学特性を発現するだけでなく、高い生産性で構造部材が製造できる。

#### 【0086】

図6は、本発明の複合材料が用いられた構造要素の一例の概略斜視図である。図6において、構造部材61は、スキン材62、桁材63、ステイフナ材64からなる。従来は、スキン材、桁材、ステイフナ材をそれぞれ別々に成形し、これをリベットや接着剤にて接合して構造部材を製造していたが、本発明の複合材料によれば、スキン材と桁材やリブ材とを一体成形することが可能となり、構造部材の成形コストを大幅に低減することができる。

#### 【0087】

##### 【実施例および比較例】

以下、実施例および比較例を用いて本発明を更に説明する。実施例および比較例における原材料および成形方法は、次の通りである。

##### <強化繊維糸条>

炭素繊維糸条A：PAN系炭素繊維、24，000フィラメント、織度：1，030tex、引張強度：5.9GPa、引張弾性率：295GPa、破断伸度：2.0%、破壊歪エネルギー：59MJ/m<sup>3</sup>。

#### 【0088】

炭素繊維糸条B：PAN系炭素繊維、6，000フィラメント、織度：396tex、引張強度：3.5GPa、引張弾性率：235GPa、破断伸度：1.5%、破壊歪エネルギー：26MJ/m<sup>3</sup>。

##### <補助繊維糸条および第2の補助繊維糸条>

炭素繊維糸条C：PAN系炭素繊維、1，000フィラメント、織度：66t

e x、引張強度：3.5 GPa、引張弾性率：235 GPa、破断伸度：1.5 %、破壊歪エネルギー：26 MJ/m<sup>3</sup>。

【0089】

ポリアミド繊維糸条：ポリアミド66、7フィラメント、繊度：1.7 tex、融点：255℃、油分：0.6%。

【0090】

低融点ポリアミド繊維糸条：共重合ポリアミド、10フィラメント、繊度：5.5 tex、融点：115℃。

【0091】

ガラス繊維糸条：ECE225 1/0 1Z、繊度：22.5 tex、伸度：3%以上、バインダータイプ”DP”（日東紡績社製）。

<樹脂材料>

熱可塑性樹脂の粒子：ポリエーテルスルホン樹脂（住友化学工業（株）製スミカエクセル5003P）60重量%（主成分）と次のエポキシ樹脂組成物40重量%（副成分）とを2軸押出機にて熔融混練して相溶させた樹脂組成物を、冷凍粉碎して粒子にした。平均粒子径D50（レーザー回折・散乱法を用いた（株）セイシン企業製LMS-24にて測定）：115 μm、ガラス転移点：92℃。

【0092】

エポキシ樹脂組成物—ジャパンエポキシレジン（株）製”エピコート”806を21重量部、日本化薬（株）製NC-3000を12.5重量部、および、日産化学工業（株）製TEPIC-Pを4重量部をそれぞれ計り取り、100℃において均一になるまで攪拌したもの。

<マトリックス樹脂>

次の主液100重量部に、次の硬化液を39重量部加え、80℃にて均一に様に攪拌したエポキシ樹脂組成物。80℃におけるE型粘度計による粘度：55 mPa·s、1時間後の粘度：180 mPa·s、180℃で2時間硬化後のガラス転移点：197℃、曲げ弾性率：3.3 GPa。

【0093】

主液－エポキシとして、V a n t i c o (株) 製” アラルダイト” MY-721を40重量部、ジャパンエポキシレジン (株) 製” エピコート” 825を35重量部、日本化薬 (株) 製GANを15重量部、および、ジャパンエポキシレジン (株) 製” エピコート” 630を10重量部をそれぞれ計り取り、70℃で1時間攪拌して均一溶解させたもの。

#### 【0094】

硬化液－ポリアミンとして、ジャパンエポキシレジン (株) 製” エピキュア” Wを70重量部、三井化学ファイン (株) 製3, 3’-ジアミノジフェニルスルホンを20重量部、および、住友化学工業社製” スミキュア” Sを10重量部をそれぞれ計り取り、100℃で1時間攪拌して均一にした後に70℃に降温して、硬化促進剤として、宇部興産 (株) 製t-ブチルカテコールを2重量部を計り取り、更に70℃で30分間攪拌して均一溶解させたもの。

#### <複合材料の成形方法>

以下において、本発明の成形方法が、図面の参照のもとに説明される。

#### 【0095】

図7は、複合材料の成形方法の実施に用いる装置の一態様の概略断面図である。図7に示す様に、アルミ製成形型72の表面に、一方向性強化繊維布帛71を所定の枚数と角度で積層する。積層された一方向性強化繊維布帛の最表面にピールプライ73であるポリエステル繊維の離型処理された織物を配置し、その上に樹脂拡散媒体74であるポリプロピレン製メッシュ状シートを配置し、更にその上に、押さえ板となるアルミ製カウルプレート80を配置する。積層された一方向性強化繊維布帛が成形型と接した周囲には、エッジ・ブリーザー76であるポリエステル繊維の不織布を複数枚積層して張り巡らす。真空吸引口78やエッジ・ブリーザーから最も近い樹脂拡散媒体までの距離が10mm以上離れるように樹脂拡散媒体の平面視の最大外形が樹脂拡散媒体面の一方向性強化繊維布帛の平面視の最大外形よりも10～50mm程度小さくなるように配置する(図示せず)。全体をバッグ材75であるナイロンフィルムで覆い、バッグ材と成形型の周囲を、シール材77で密閉する。樹脂注入口79は、樹脂拡散媒体に接するように取り付け、シール材で密閉する。真空吸引口は、樹脂注入口から遠いエッジ・



ブリーザー上に取り付け、同様にシールする。真空吸引口から吸引し、バッグ材内が $0.08 \sim 0.1 \text{ MPa}$ の圧力になるように真空吸引する。この時、空気が漏れていないか確認し、漏れていた場合は、漏れない様に密閉し直す。 $3^\circ\text{C}/\text{min}$ の速度で、装置全体をマトリックス樹脂の注入温度（ $80^\circ\text{C}$ ）に昇温する。真空吸引を継続しながら、一方向性強化繊維布帛が注入温度に達してから1時間保持する。その後、樹脂注入口のバルブを解放して、樹脂拡散媒体からマトリックス樹脂を必要な量だけ注入する。含浸が完了したら、樹脂注入口のバルブを閉め、マトリックス樹脂の注入を中止する。真空吸引は、マトリックス樹脂がゲル化するまで、継続する（注入開始から1.5時間）。 $1.5^\circ\text{C}/\text{min}$ の速度で、装置全体をマトリックス樹脂の硬化温度まで昇温する。硬化温度に達した時点で、真空吸引口をシールして吸引を中止する。この時、バッグ材の中を真空状態に保つ様にシールする。硬化温度に達してから2時間保持してマトリックス樹脂を十分硬化させる。その後、 $3^\circ\text{C}/\text{min}$ の速度で常温まで降温する。バッグ材、ピールプライおよび樹脂含浸媒体を除去して、複合材料を得る。

（実施例1）

強化繊維糸条（炭素繊維糸条A）を、お互いに並行に引き揃え、 $1.8 \text{ エンド}/\text{cm}$ の密度で一方向に配列し、シート状の炭素繊維糸条A群を形成した。補助繊維糸条（ポリアミド繊維糸条）を、お互いに並行に引き揃え、 $1 \text{ エンド}/\text{cm}$ の密度で、炭素繊維糸条A群と直交する方向に交差させて不織組織を形成した。

【0096】

樹脂材料を、ノードソン（株）製トリボIIガンにて圧縮空気にて均一分散させながら、表面に4重量%塗布した。その後、離型紙に挟み、 $180^\circ\text{C}$ 、線圧 $0.2 \text{ MPa}$ 、 $0.5 \text{ m}/\text{min}$ の条件にてホットプレスロールを通過させ、樹脂材料を表面に接着した。裏面についても同様に樹脂材料を $8 \text{ g}/\text{m}^2$ （4重量%）接着させ、合計 $16 \text{ g}/\text{m}^2$ （8重量%）を表裏面にそれぞれ接着した。

【0097】

得られた一方向性強化繊維布帛は、樹脂材料が接着される前の不織組織では、それ単独では取り扱えなかったが、樹脂材料によって炭素繊維糸条とポリアミド繊維糸条とが固定され、取り扱いが可能となった。補助繊維目付は $0.2 \text{ g}/\text{m}$

<sup>2</sup>で、炭素繊維目付 ( $190\text{ g/m}^2$ ) の 0.1%、ポリアミド繊維糸条の厚みは  $30\text{ }\mu\text{m}$ 、炭素繊維糸条 A の隙間は実質的に存在しなかったであった。

(実施例 2)

補助繊維糸条 (ポリアミド繊維糸条) を、お互いに並行に引き揃え、3 エンド /  $\text{cm}$  の密度で、実施例 1 の炭素繊維糸条 A 群と直交する方向に配列し、炭素繊維糸条 A とポリアミド繊維糸条とを交錯させ、織機を用いて平織組織を形成した (一方向性織物)。

#### 【0098】

樹脂材料を、エンボスロールとドクターブレードにて計量しながら自然落下させ、振動ネットを介して均一分散させながら、表面に  $15\text{ g/m}^2$  (7 重量%) 塗布した。その後、 $185^\circ\text{C}$ 、 $0.3\text{ m/min}$  の条件にて遠赤外線ヒーターを通過させ、樹脂材料を表面にのみ接着した。なお、裏面には樹脂材料を接着させなかった。

#### 【0099】

得られた一方向性強化繊維布帛は、樹脂材料以外にも、炭素繊維糸条 A とポリアミド繊維糸条とが交錯して布帛を固定しているため、実施例 1 のものより形態安定性に優れた。補助繊維目付は  $0.5\text{ g/m}^2$  で、炭素繊維目付 ( $190\text{ g/m}^2$ ) の 0.3%、ポリアミド繊維糸条の厚みは  $30\text{ }\mu\text{m}$ 、炭素繊維糸条 A の隙間は  $0.2\text{ mm}$  であった。

(実施例 3)

強化繊維糸条 (炭素繊維糸条 A) を 2.8 エンド /  $\text{cm}$  の密度で用い、樹脂材料を  $23\text{ g/m}^2$  (7 重量%) 塗布した以外は実施例 2 と同様にして一方向性織物を得た。

#### 【0100】

得られた一方向性強化繊維布帛は、炭素繊維糸条 A とポリアミド繊維糸条とがより多い箇所では交錯して布帛を固定しているため、実施例 2 のものより形態安定性に優れた。補助繊維目付は  $0.5\text{ g/m}^2$  で、炭素繊維目付 ( $285\text{ g/m}^2$ ) の 0.2%、ポリアミド繊維糸条の厚みは  $30\text{ }\mu\text{m}$ 、炭素繊維糸条 A の隙間は  $0.1\text{ mm}$  であった。

## (実施例 4)

強化繊維糸条として炭素繊維糸条 B を 4.8 エンド/cm の密度で用いた以外は実施例 2 と同様にして一方向性織物を得た。

## 【0101】

得られた一方向性強化繊維布帛は、炭素繊維糸条 B とポリアミド繊維糸条とがより多い箇所で交錯して布帛を固定しているため、実施例 2 のものより形態安定性に優れた。補助繊維目付は 0.5 g/m<sup>2</sup> で、炭素繊維目付 (190 g/m<sup>2</sup>) の 0.2%、ポリアミド繊維糸条の厚みは 30 μm、炭素繊維糸条 A の隙間は 0.1 mm であった。

## (実施例 5)

第 2 の補助繊維糸条 (集束糸条 A : ガラス繊維糸条にポリアミド繊維糸条を 250 回/m でカバリングしたもの) を、お互いが並行に引き揃え、1.8 エンド/cm の密度で、実施例 1 の炭素繊維糸条 A 群と同じ方向に一方向に配列した。かかる炭素繊維糸条 A と集束糸条 A とは、交互に配列し、両者を用いてシート状の複合糸条群を形成した。

## 【0102】

補助繊維糸条 (ポリアミド繊維糸条) を、お互いに並行に引き揃え、3 エンド/cm の密度で、複合糸条群と直交する方向に配列し、集束糸条 A とポリアミド繊維糸条とを交錯させ、織機を用いて平織組織を形成した (一方向性ノンクリンプ織物)。

## 【0103】

なお、樹脂材料は、実施例 2 と同様に接着した。

## 【0104】

得られた一方向性強化繊維布帛は、樹脂材料以外にも、集束糸条 A とポリアミド繊維糸条とが、強固に交錯して布帛を固定しているため、実施例 2 のものより形態安定性に一層優れた。また、補助繊維目付は 0.5 g/m<sup>2</sup> で、炭素繊維目付 (190 g/m<sup>2</sup>) の 0.1%、ポリアミド繊維糸条の厚みは 30 μm であった。第 2 の補助繊維目付は 1.7 g/m<sup>2</sup> で、炭素繊維目付の 0.9% であった。炭素繊維糸条 A の隙間は 0.4 mm と、集束糸条 A の配列により実施例 2 より

も広く確保できた。

(実施例 6)

第 2 の強化繊維糸条として、炭素繊維糸条 C を用いた以外は実施例 5 と同様に  
して一方向性織物を得た。

【0105】

得られた一方向性強化繊維布帛は、炭素繊維糸条 A と炭素繊維糸条 C とが強固  
に交錯して布帛を固定しているため、実施例 2 のものより形態安定性に一層優れ  
た。補助繊維目付は  $13 \text{ g/m}^2$  で、炭素繊維目付の 6.8%、炭素繊維糸条 A  
の隙間は、炭素繊維糸条 C の配列により実施例 5 よりも広く確保できた。

(実施例 7)

実施例 1 で形成した不織組織について、その強化繊維糸条の間に第 2 の補助繊  
維糸条（ポリアミド繊維糸条）が、鎖編組織（チェーンステッチ）にて 5 ウェー  
ル/cm の密度で配置されるように、多軸挿入ステッチ機を用いて、複合組織を  
形成した。かかる組織は、それ単独でも十分取り扱いが可能であった。

【0106】

なお、樹脂材料は、実施例 2 と同様に接着した。

【0107】

得られた一方向性強化繊維布帛は、樹脂材料以外にも、ポリアミド繊維糸条同  
士が強固に交錯して布帛を固定しているため、形態安定性に一層優れた。また、  
補助繊維目付は  $0.5 \text{ g/m}^2$  で、炭素繊維目付の 0.1%、ポリアミド繊維糸  
条の厚みは  $30 \mu\text{m}$  であった。第 2 の補助繊維目付は  $1.1 \text{ g/m}^2$  で、炭素繊  
維目付 ( $190 \text{ g/m}^2$ ) の 0.6% であった。また、炭素繊維糸条 A の隙間は  
、第 2 の補助繊維糸条の配列により 0.4 mm と、実施例 4 と同等以上に広く確  
保できた。

(実施例 8)

実施例 1 ～ 5 の一方向性強化繊維布帛を用いて、次の要件に合致する複合材料  
を、上記成形方法にてそれぞれ成形し、次の a ～ c に従って評価した。

a：衝撃付与後の常温圧縮強度（CAI）

SACMA-SRM-2R-94 に従って Dry 条件にて測定した。

b: 常温有孔圧縮強度 (OHC/RT)、湿熱処理後の高温有孔圧縮強度 (OHC/HW)

前者は SACMA-SRM-3R-94 に従って Dry 条件にて測定した。後者は、同じ試験片を 72℃ 温水中に 14 日間浸漬した後、直ちに 82℃ 雰囲気下にて測定した。

c: 常温 0° 圧縮強度 (CS/RT)、湿熱処理後の高温 0° 圧縮強度 (CS/HW)

前者は SACMA-SRM-1R-94 に従って Dry 条件にて測定した。後者は、同じ試験片を 72℃ 温水中に 14 日間浸漬したもの後、直ちに 82℃ 雰囲気下にて測定した。

#### 【0108】

実施例 1～5 の一方向性強化繊維布帛は、積層する際のタック性等の優れ、成形する時間を短くできた。また、得られた複合材料は、どこにも未含浸部が見当たらず、良好な成形が行われていることが実証された。

##### (比較例 1)

強化繊維糸条として炭素繊維糸条 A を用い、補助繊維糸条としてガラス繊維糸条を用いた以外は実施例 2 と同様にして一方向性織物を得た。得られた一方向性強化繊維布帛は、樹脂材料を用いてないため、形態安定性に著しく劣った。補助繊維目付は 6.8 g/m<sup>2</sup> で、炭素繊維目付の 3.6%、ガラス繊維糸条の厚みは 60 μm、炭素繊維糸条 A の隙間は 0.2 mm であった。

##### (比較例 2)

樹脂材料を用いなかった以外は、実施例 5 と同様にして一方向性ノンクリンプ織物を得た。得られた一方向性強化繊維布帛は、樹脂材料を用いてないため、取り扱いが非常に困難で、実施例 5 より格段に形態安定性に劣った。

##### (比較例 3)

比較例 1、2 で得られた一方向性強化繊維布帛について、実施例 8 と同様に複合材料を成形し、評価に供した。

#### 【0109】

比較例 1 のものは樹脂材料によりタック性が発現したが、比較例 2 のものは、

積層する際にタック性が発現せず、積層に時間が掛かり、生産性に劣った。

【0 1 1 0】

以上の結果を表 1 にまとめる。

【0 1 1 1】

【表 1】

実施例 6、比較例 3										
	強化繊維 に対する 補助繊維の 比率	強化繊維 に対する 第 2 の 補助繊維の 比率	樹脂材料 の接着量	一方 向性 強化 繊維布 帛の 取扱性	a					a における複 合材料の成形 時の含浸性
					CA1 (強化繊維 体積率、 Vf)	OHC/RT (Vf)	OHC/HW (Vf)	CS/RT (Vf)	CS/HW (Vf)	
実施例 1	0.2%	なし	8wt%	○	272MPa (59%)	297MPa (60%)	240MPa (60%)	1660MPa (60%)	1310MPa (60%)	△ 一部未含浸 含浸時間：長
実施例 2	0.2%	なし	7wt%	○	264MPa (58%)	283MPa (59%)	228MPa (59%)	1630MPa (60%)	1290MPa (60%)	○ 全層含浸 含浸時間：中
実施例 3	0.2%	なし	7wt%	◎	252MPa (58%)	289MPa (61%)	238MPa (61%)	1510MPa (61%)	1220MPa (61%)	◎ 全層含浸 含浸時間：短
実施例 4	0.2%	なし	7wt%	◎	198MPa (58%)	— (—)	— (—)	— (—)	— (—)	○ 全層含浸 含浸時間：中
実施例 5	0.2%	2%	12wt%	◎	280MPa (58%)	292MPa (59%)	236MPa (59%)	1630MPa (59%)	1260MPa (59%)	◎ 全層含浸 含浸時間：短
比較例 1	2%	なし	7wt%	◎	249MPa (58%)	269MPa (59%)	208MPa (59%)	1310MPa (60%)	1050MPa (60%)	◎ 全層含浸 含浸時間：短
比較例 2	0.2%	2%	なし	×	130MPa (62%)	290MPa (62%)	241MPa (62%)	1670MPa (63%)	1280MPa (60%)	△ 一部未含浸 含浸時間：長

【0112】

複合材料の力学特性に関し、本実施例のものは、上記要件の全てを満たし、非常に高い値を示した。中でも、実施例 1 および 5 のものが特に優れた。実施例 4 のものは、炭素繊維の破壊歪エネルギーに劣るものであったため、実施例 2 よりも大幅に C A I が低くなっている。

#### 【0113】

複合材料の断面を観察した結果、実施例 5 の複合材料における炭素繊維糸条の断面が矩形状であるのに対し、実施例 2 は楕円状であった。なお、実施例 1 は、糸条の痕跡が残存していない。すなわち、実施例 5 の一方向性強化繊維布帛の層のうねりは、実施例 2 に比べて大幅に小さく、実施例 1 と同等とであった。これに起因し、極めて高い力学特性を発現したと推測される。

#### 【0114】

一方、比較例 1 のものは、補助繊維糸条の織度が本発明の範囲外であるので、特に O H C、C S に劣った。比較例 2 のものは、C A I に著しく劣った。

#### 【0115】

一方向性強化繊維布帛の取扱性、およびマトリックス樹脂の含浸性については、実施例 1、2 に比べて実施例 3、5 のものが優れた。比較例 1 のものは、比較例 2 のものは、樹脂材料を用いていないので、実施例 1、2 の同等以下の含浸性であった。すなわち、本発明の最も好ましい態様の一つとしては、実施例 4 のものということができる。

#### 【0116】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、マトリックス樹脂の含浸性が良好で、特に衝撃付与後または湿熱処理後の圧縮強度等の力学特性に優れる複合材料を生産性よく得られるだけでなく、形態安定性、積層する際のタック性等の優れた取扱性を有する一方向性強化繊維布帛、および一方向性強化繊維布帛にマトリックス樹脂を含浸してなる複合材料が得られる。

#### 【0117】

このようにして得られた複合材料は、航空機、自動車、船舶等の輸送機器における構造部材、内層部材または外層部材などの各部材をはじめ、幅広い分野に適



するが、特に航空機の構造部材に好適である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係る一方向性強化繊維布帛を示す概略平面図である。

【図 2】

本発明の他の実施形態に係る一方向性強化繊維布帛を示す概略正面図である。

【図 3】

本発明の一方向性強化繊維布帛に用いる布帛の一実施形態を示す概略斜視図である。

【図 4】

本発明の一方向性強化繊維布帛に用いる布帛の他の実施形態を示す概略斜視図である。

【図 5】

本発明の一方向性強化繊維布帛が適用される航空機の部位を示す概略斜視図である。

【図 6】

本発明の一方向性強化繊維布帛を適用した構造要素の一例を示す概略斜視図である。

【図 7】

本発明の一方向性強化繊維布帛を用いた繊維強化樹脂複合材料の成形装置の一例を示す概略縦断面図である。

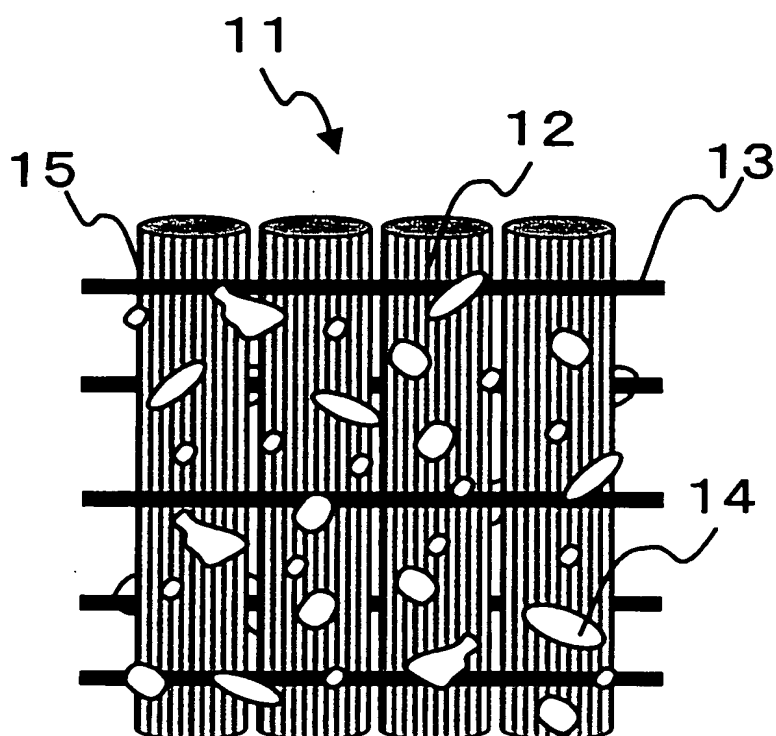
【符号の説明】

- 1 1、2 1、7 1：一方向性強化繊維布帛
- 1 2、2 2、2 6、3 2、4 2：強化繊維糸条
- 1 3、2 3、2 7、3 3、4 3：補助繊維糸条
- 1 4、2 4：樹脂材料
- 1 5、2 5、3 1、4 1：布帛
- 4 4：補助繊維糸条
- 5 1：航空機

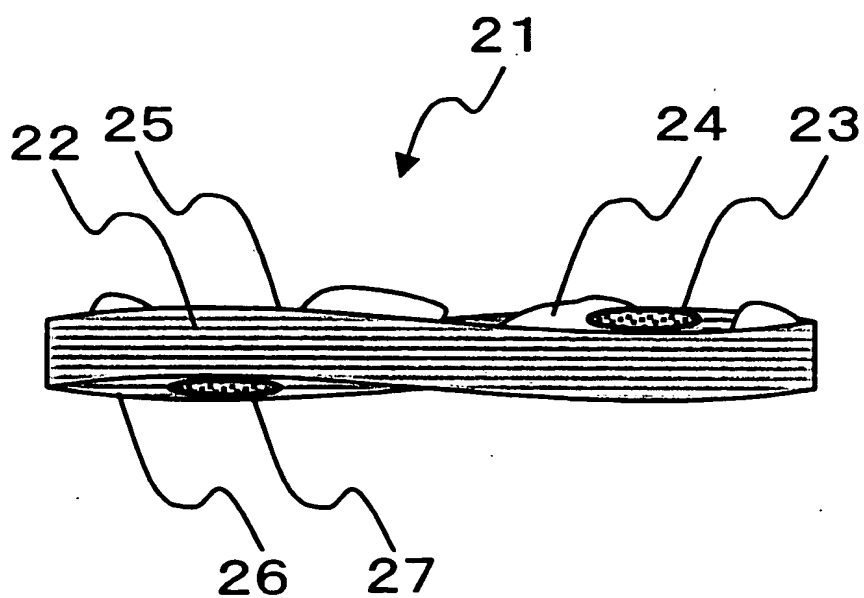
- 5 2 : 主翼
- 5 3 : 床支持桁
- 5 4 : 胴体
- 5 5 : 垂直尾翼
- 5 6 : 水平尾翼
- 6 1 : 構造要素
- 6 2 : スキン材
- 6 3 : 桁材
- 6 4 : スティフナ材
- 7 2 : 成形型
- 7 3 : ピールプライ
- 7 4 : 樹脂拡散媒体
- 7 5 : バッグ材
- 7 6 : エッジ・ブリーザー
- 7 7 : シール材
- 7 8 : 真空吸引口
- 7 9 : 樹脂注入口
- 8 0 : カウルプレート

【書類名】 図面

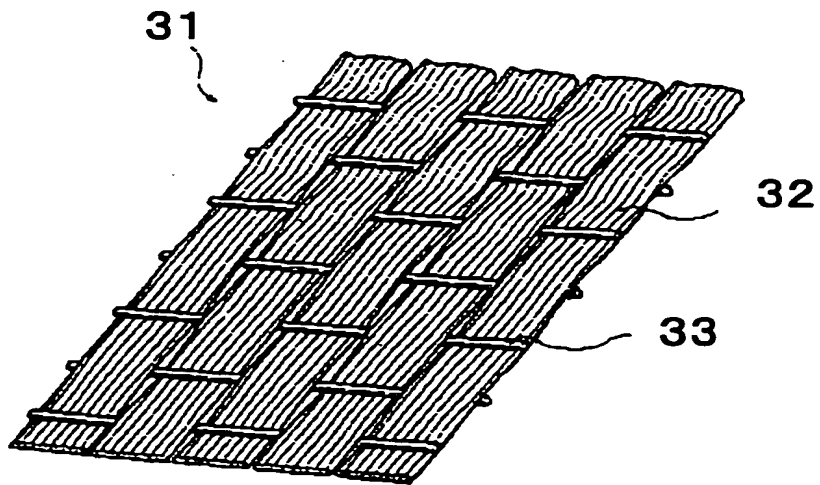
【図 1】



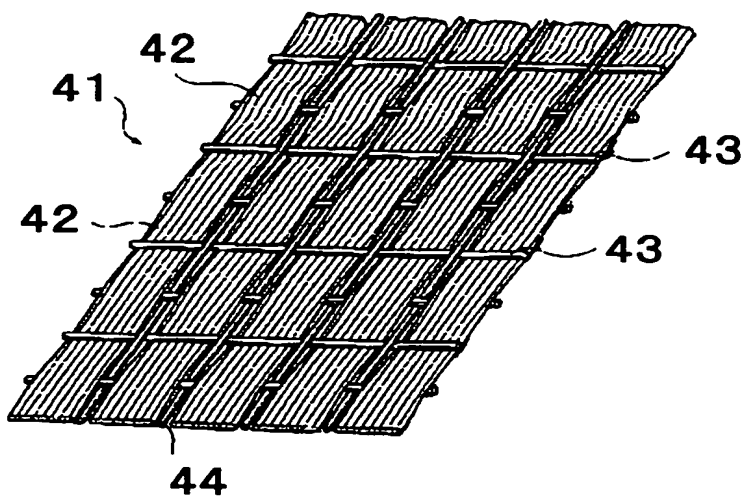
【図 2】



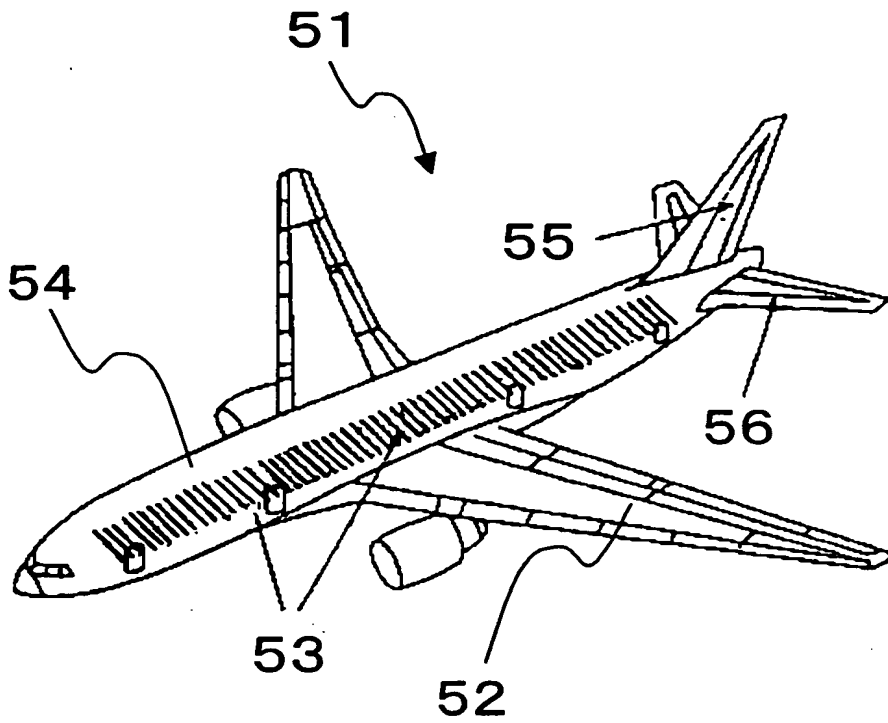
【図 3】



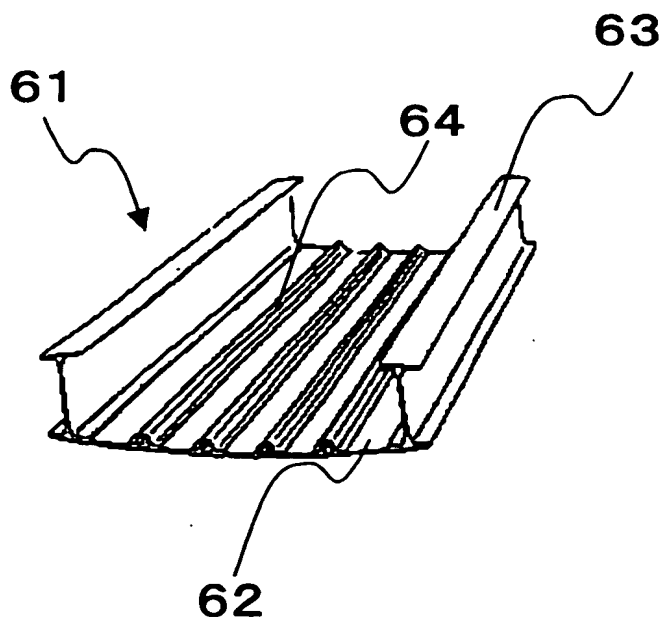
【図 4】



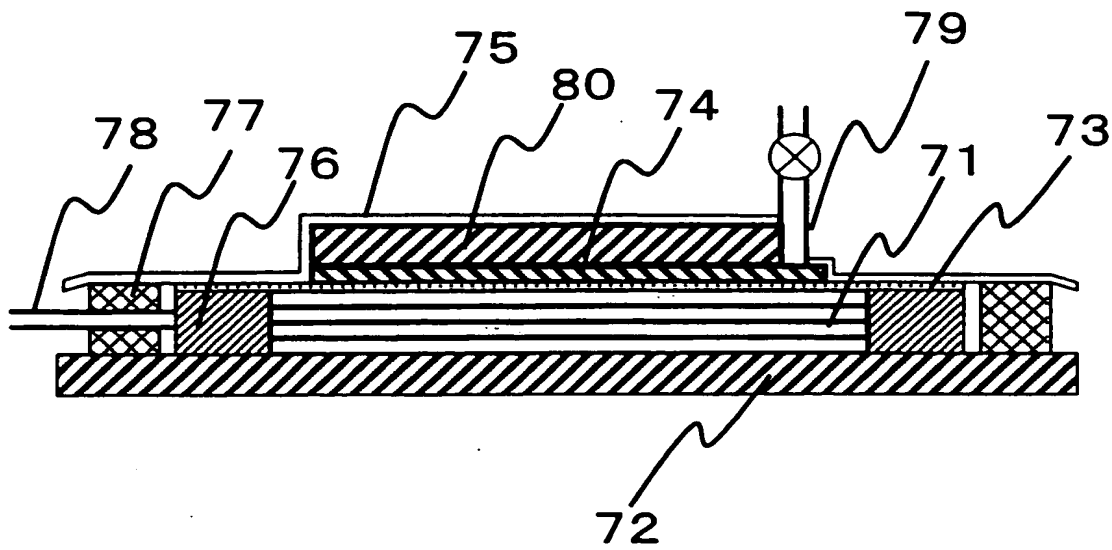
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【解決課題】

樹脂の含浸性がよく、力学特性に優れた繊維強化樹脂複合材料を高い生産性で製造でき、また、取り扱いやすい一方向性強化繊維布帛を提供する。

【解決手段】

強化繊維糸条 1 2 を一方向に並行するように引き揃えてなる強化繊維糸条群と、強化繊維糸条と直交する方向に延在する、繊度が強化繊維糸条のそのの 1 % 以下である補助繊維糸条 1 3 からなる緯方向補助繊維糸条群とを含み、かつ、少なくとも表面に 0 . 5 ~ 2 0 重量 % の範囲内で樹脂材料 1 4 が付着している。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 2 - 3 3 0 4 0 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 1 5 9 ]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 0 月 2 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都中央区日本橋室町 2 丁目 2 番 1 号

氏 名

東レ株式会社